



## Heidelberger Texte zur Mathematikgeschichte

Autor: **Plücker, Julius** (1801–1868)

Titel: **Enumeratio novorum phaenomenorum  
recentissime a se in doctrina de magne-  
tismo inventorum**

Bonn, Programm zur Gedenkfeier für Friedrich Wilhelm III. am 3. Au-  
gust 1849. 28 S., 1 Taf.

*Signatur UB Heidelberg:* 38.480

**SACRAM MEMORIAM**  
**REGIS SERENISSIMI**  
**DIVI**  
**FRIDERICI GUILIELMI III**

AUGUSTISSIMI HUIUS UNIVERSITATIS CONDITORIS  
**NATALI EIUS DIE III. MENSIS AUGUSTI**  
**HORA XI.**

AB LITTERARUM UNIVERSITATE FRIDERICIA  
GUILIELMIA RHENANA

PIE CELEBRANDAM

INDICIT

**IULIUS PLÜCKER**

ORDINIS PHILOSOPHORUM H. A. DECANUS

PRAEMISSA ENUMERATIONE NOVORUM PHAENOMENORUM RECENTISSIME  
A SE IN DOCTRINA DE MAGNETISMO INVENTORUM.

---

ACCEDIT TABULA LITHOGRAPHICA.

---

BONNAE A. MDCCCXXXIX.  
LITTERIS GEORGIANIS.

38,480

Coortis vixdum magnis illis animorum motibus, qui cultioris Europae partem longe amplissimam graviter concusserunt, equidem quaestionum earum seriem confeceram, quibus mathematicae disciplinae locum illustrem, adstipulantibus, ut spero, harum rerum peritis, nova prorsus specie novaque luce exornasse mihi videor. Ac sane mirifice etiamtum his studiis deditus eram, nec quominus inceptum laborem decurrerem; ullo pacto detérrebar, licet multa eaque sat gravia obstarent impedimenta, quae nihil attinet hoc loco commemorare. Quin etiam contemnendas putabam suspiciones quasdam et calumnias, quibus in altero professionis meae publicae munere obnoxius eram. Sed ut primum eo, quo intenderam, perveni, nihil antiquius habui, quam ut estimationem meam a malignitate defenderem. Iamque naturae arcana nonnulla, paullo quam contigisset ante, felicius indagaveram, cum temporum ratio optimum quemque impellere videbatur, ut reipublicae communique saluti iuvandae operam navaret. Aliquamdiu incertus eram, quid agerem; sed cum eos ipsos viros, quorum summa apud me esset auctoritas, altiora velle, quam tum quidem efficere possent, intelligerem, animoque praeviderem mala, sola experientia sananda, otiosus spectator quam particeps rerum esse malui. Quod consilium si forte excusatione egere videatur, dabunt eam, opinor, hae schedulae, in quibus quidquid novi ab eo inde tempore in physica experimentalis inveni, quam brevissime potui, perscripsi.

---

## I.

### **De modo quo corpora solida magnetismi vi afficiuntur.**

Clarissimus Faraday notissima illa commentatione, qua magnetismi doctrinam tanto provexit, ut novam illinc aeram deduci summo iure dicere possis, demonstravit, magnetismum omnia corpora afficere et id quidem duplici ac contrario modo, ita ut duas in classes distribuantur, in magnetica, quibus eadem ac ferro ad magnetem est relatio, atque in diamagnetica, quae sicuti bismuthum, massam si spectas, non adtrahuntur sed repelluntur et quae inter polos suspensa non axialiter diriguntur, i. e., ut directio longitudinalis eadem sit ac lineae polos coniungentis, sed aequatorialiter, i. e. illi lineae perpendiculariter. Quibus in experimentis repetendis subtiliorem suspendendi modum adhibentes, pro navicula (papyracea e. gr.) scilicet solo bombycis filo utentes, non, ut creditum erat, omnes animalium et plantarum partes diamagneticas esse, reperi-  
mus. Ita, exemplum ut proferamus, lex nobis visa est universalis, cortices arborum aliarumque plantarum semper magnetice, partes contra internas omnes diamagnetice sese habere. Elytra porro coleopterorum v. gr. melolonthae vulgaris magnetica inveniuntur. Neque, quod fortasse conieceris, ullum est discrimen actionis, de qua agitur, inter ranae nervos et musculos. Mox autem talibus de disquisitionibus sane dignis, quibus physiologi studium admoveant, ad altera deducti sumus experimenta.

## II.

### **De corporibus liquidis magneticis et diamagneticis.**

Non solum corpora solida, verum etiam liquida magnetica aut diamagnetica esse, cl. Faraday hoc modo demonstravit, ut tubulum vitreum, parietibus tenui-

bus, illis impletum inter polos suspensum et oscillantem observaret. Aliud spectantes liquorum magnetismum novis experimentis perquisivimus. Haud ignorantibus nobis, magnetem omnes corporis magnetici particulas minimas adtrahere, diamagnetici contra moleculas repellere, eluceret, necesse erat, aequilibrium hydrostaticum fluidorum magnetis vi turbari et hanc ob causam superficiem liberam forma mutari. Planis igitur polorum magni validique, quo usi sumus, electromagnetis maiores armaturas (v. tab. fig. I.) ita imposuimus, uti canales terram spectarent et partes curvae altera alteri oppositae essent, indeque vitro horologii in illis collocato liquorem infudimus perquirendum. Pro vitro interdum foliolo micae fluido humectato uti melius videbatur. Quodsi adhibes liquorem magneticum, imprimis solutionem maxime saturatam ferri muriatici pulcherrimum admiraberis phaenomenon; namque veluti scobes ferreae polis magnetis iniectae illo loco praecipue aggregantur, quo maxima agit vis, ita et liquor. Quem eundem locum liquorem diamagneticum fugere, inde coniicies \*). Fluidum, cuius aliquot guttas vitro infuderis, polis ad quaedam usque millimetra admotis, e superficie forma mutata illico aut magneticum aut diamagneticum cognosces, quam formam mutatam obiecto quodam satis remoto superficie reflecto facillime percipies. Hoc simplicissimo modo aqua, alcoholum, cetera diamagnetica reperiuntur, etiam hydrargyrum, dummodo vasi infuderis e metallo confecto et ante amalgamato, quo illo humectetur; item kali borussici rubri solutio magneticam, fulvi diamagneticam se praebet. Sanguinem ranae, bovis, humanam diamagneticam invenimus.

Primi adhibuimus libram, qua corporum pondera, magnetica adtractione aucta aut diamagnetica repulsione diminuta, patefaceremus, quibus de experimentis quae deduxerimus paragrapho V. proferemus. Eodem instrumento uti licet ad determinandum magnetismum aut diamagnetismum auctum aut debilitatum corporis liquori alicui immersi. Quam viam sequuti leges protulimus, quae, si vis, nil nisi lex Archimedica longius extensa videntur, pro gravitate magnetismi vi substituta. En, quae sint.

Quodsi magnes alicuius corporis moleculas et cuiusdam fluidi illi circumdati, vel adtrahens vel repellens, sollicitat, magnetis effectus in corpus immersum idem est atque in corpus vacuo circumdatum, effectum subtracto in liquorem qui illius implevit volumen.

---

\*.) Ann. Pogg. Vol. LXXIII. „Experimental-Untersuchungen über die Wirkung der Magnete auf gasförmige und tropfbare Flüssigkeiten.“ 21. Febr. 1848.

Aequo modo res se habet, si non effectum integrum respicis (qui in universum adtribui potest vi unicae atque virium pari, „couple“) sed qui est in aliquam directionem (correspondet vi modo relatae datam in directionem projectae). Quibus e legibus clarissime elucet, cur araeometrum, cuius globus parum tantum magnete afficitur, magnetismo excitato, supra polis in liquore magnetico ascendat, in diamagnetico fundum petat, infra polos contrario modo se habeat, cur inter polos in liquido magnetico ad propiorem accedat, in diamagnetico medium versus tendat; patet, qua de causa solidum magneticum in liquore magis magnetico diamagnetice sese habeat, alteram vero in partem diamagneticum in liquore magis diamagnetico magnetice; optime intelligimus, qua ratione cylindrus e bismutho fabricatus, imo etiam e vitro non ita magnetico confectus, in saturata solutione sulfatis ferri contra resistantiam, quam medium ei opponit, inter polos suspensus, tanta vi dirigatur; concludimus denique, leges, nuper modo ab Edmundo Becquerel, pronuntiatas, quae spatium vacuum bismuthum a polis depellere iubent, esse falsas \*).

Ad perquirendam adtractionem et repulsionem corporum pusillorum primi microscopio usi sumus, legem supra expositam nunquam non respicientes. Maxime commodum nobis visum est, armaturis foliolum micae imponere, cui liquidum examinandum infunderetur; speculum infra illud collocatum lucem necessariam sursum immittebat. Tali modo et sanguinem ranae et lac, totam si spectas massam, polos fugere observavimus, insuper autem in utroque globulos respective cruoris et adipis suo et proprio motu de punctis, quibus maxima exhibebatur vis magnetica, repelli animadvertimus, unde globulos illos magis magneticos esse, sequitur.

### III.

#### De magnetis agendi modo in corpora aëriformia.

Primum cl. Faraday corpora aëriformia magnete non sollicitari censuit, et quae paragrapho praecedente memoravimus docent, magnetis vim eam, quam in gazum loco motum exercent, non tantum in corpus solidum valere, quamsi si pro

\*) Comptes rendus; séance du 21. mai 1849.

„Ueber den Einfluss der Umgebung eines Körpers auf die Anziehung oder Abstossung, die er durch einen Magneten erfährt.“ Comm. fascicul. prox. Ann. Pogg. edenda.

corpore aëriiformi liquidum substitueris, imo vim tam exiguam et debilem fore, ut ne via quidem loco citato exposita observari possit. Quum modo a cl. Faraday excogitata experimenta repetenda adtigissemus, ferrum flammae, cuius ellychnium solutione ferrica oblitum erat, magnetis ope ostendere conati, flammam potius repulsam esse notavimus, neque tamen hac de re quidquam fecimus, quippe qui quae expectaveramus non videremus.

Hucusque ventum erat, quum Bancalari et Zantedeschi candelae flammam electromagnetis polos fugere observarent; quid veri igitur similis, quam quod huius phaenomeni causa effectui adscriberetur magnete in flammae gaza exercito? Qua ratione commotus cl. Faraday experimenta antea derelicta denuo recepit; quod quidem ignorantes nosmet ipsi experimenta composuimus, e quibus quae sequerentur in Ann. Pogg. vol. LXXIII. publicavimus. Ostendimus, repelli vapores iodi, chlori, bromi, acidi nitrosi, hydrargyri, aquae, nec non aërem rheophoro calefactum et sole illustratum et umbram in papyrus proiicientem; animadvertimus inde, polos fugere flammam candelarum e sebo, cera, stearino confectarum, spiritus vini et libere et cum ellychnio combusti, sulfuris, phosphoris, hydrogenii. Imprimis autem memoria dignum videtur phaenomenon, quo flamma olei terebynthini aut candelae sebatae valde fumantis inter polos, Vad X elementum galvanicorum ope magnetica vi imbutos collocatae oculos delectat. Quod quidem optime nobis evasit armaturis in tabula adiecta littera (H) designatis utentibus et ita dispositis, ut acumina (b) ad aliquot millimetra usque alterum alteri adpropinquata essent utque eorum partes delimitatae flammae basin spectarent. Ne aër fluctuans flammam turbaret mensae imposita erat libra Coulombii, cuius pars superior, columnam ferens, demta erat, ne fumus provolutus flammam alimento privaret. Qui idem fumus haud secus ac flamma ipsa repellitur et in altum ascendens lineas format parabolicas, distincte limitatas, flammae acclinatas.

Cl. Faraday huncce perquirendi modum secutus est, ut gazis aëre levioribus de parte inferiori polorum inter hosce ipsos ascendentibus vasa superne locis diversis disposita offerret, et quae vasa impletae essent chemica arte videret; quae gaza vero aëre graviora essent, super polos veluti liquorem effunderet infraque reciperet. Attamen quamvis ingeniose excogitata esset haec agendi ratio, nihil certi de magnetismi natura praebuit eam ob causam quod gaza perquisita non libera sed sua parte iterum gazis essent circumdata. Hoc tantum discrevit, num aliquod gazum plus an minus esset diamagneticum altero, aut, quod dirimi nequibat, plus minus magneticum. Quod in planum propellere vide

quō modo susceperimus. Si minimae corporis aëriformis particulae viribus ab aliquo puncto exeuntibus repelluntur, necesse prorsus est, ut, quum illi tanta sit elasticitas (*Compressibilität und Expansibilität*), non solum pondere, verum etiam densitate circum punctum memoratum mutetur. Unde concludimus fore, ut thermometer aëre impletum et guttula clausum inter polos positum, magnetismo excitato, eodem modo se haberet, quasi aër inclusus caloris vi extenderetur. Experimentum, hoc modo compositum et institutum, expectationem non fefellit. Polis collocavimus armaturas maiores partibus curvatis adversis, V tantum millimetris admotis, interque ipsas thermometri vas posuimus tali forma e tenui lamella aerea fabricatum, ut anguste armaturis adplicaretur (v. fig. K). Temperatura aliquo tempore praeterlapso aequa facta, thermometri in tubulum vitreum, cuius diamēter internus circa I millimetrum explebat, guttula spiritus vini est immissa. Gyro electrico, qui decem elementis galvanicis excitabatur clauso (tum temporis cruribus electromagnetis nondum quot nunc spirae fili cuprei erant circumvolutae), guttula II ad III millimetris, orificium tubuli versus, celeritate mox retardata est promotā et, gyro interrupto, quem locum ante tenuerat mox recuperavit. Tum primum aëris diamagnetismus, ut nullo dubio locus esset relictus, comprobatus erat simulque agendi ratio erat indicata, qua non solum pervestigare posses, utrum aliquod gazum esset magneticum an diamagneticum, verum etiam quanta esset haec aut illa vis exactissime metiri valeres. Nihil scilicet opus est, quam ut pro aëre gazo perquirendo thermometer impleas. Hic est locus multorum experimentorum maximi momenti adhuc instituendorum, atque haec est via ad gravissimas quaestiones hucusque pendentes disceptandas.

#### IV.

### **De ratione diversa qua magnetismus et diamagnetismus augeantur et diminuantur. Polaritas diamagnetica.**

In experimentis quae paragrapho I. descriptimus faciendis mirum nobis est visum, quod particula corticis arboris aut elythri melolonthae, cui plerumque oblongam dabamus formam, hoc die magnetica, postero diamagnetica adparuit. Quae res rara, postquam ad detegendam novam phaenomenorum magneticorum paragrapho VIII. descriptorum classem nos conduxit, ut discuteretur poscebat. Mox nobis eluxit, causam, cur corpora nunc quasi magnetica, nunc quasi diamagnetica



— 7 —  
inter polos dirigerentur, eam esse, quod non aequa semper distantia a polis abesset, atque illud evenire in omnibus corporibus, quae substantias continerent et magneticas et diamagneticas ita inter se mixtas, ut haud multum abesset, quin illarum magnetismus harum diamagnetismo esset aequus. Quod quidem cylindri ope demonstravimus e bismutho diamagnetico et stanno, ferro contento, magnetico compositi, qui cylindrus non aliter ac substantiae modo dictae se habuit.

Ad exponendas res supra relatas hypothesin posuimus, repulsionem magnete exercitam rapidius cum distantia decrescere quam adtractionem. Parvuli cylindri e varii generis ligni carbone confecti optime cognosci potuere, polis adpropinquatis, aequatorialem in situm dirigi, polis contra magis remotis aut quum ipsi cylindri filo bombyceo librae Coulombii involuto in altius erecti essent, distincte situm petivere axialem. Paulo post autem, reapse variam distantiam phaenomeni causam non esse, sed potius, e gyri intensitate pendentem, magnetis energiam perspeximus. Etenim eundem illum cylindrum e carbone esectum, polorum distantia eadem manente, si I—II elementis galvanicis uteris, axialiter dirigi observabis et si III plusve elementa adhibebis, aequatorialiter poni videbis. Unde hancce legem universe valentem deduximus:

Ipsius materiae diamagnetismus, magnetis vi decrescente, neque minus, quod inde sequitur, polis magis remotis, celerius debilitatur quam magnetismus. \*)

Quae quidem lex hisce tenetur et confirmatur experimentis. Quodsi horologii vitro tantum hydrargyri infuderis, ut vitri magnetismus mercurii vincat diamagnetismum, atque si, uti vitrum, magnetismo nondum excitato, brachio staterae adligatum armaturas invicem adpropinquatas vix tangens, cum altera lance teneat aequilibrium, effeceris, post gyrum magneti circummissum, illud adtrahi videbis. Tum alteri lanci si pondera sensim inieceris, donec adtractionem superant, vitrum ab armaturis deripitur, paucis vero millimetris distans retinetur et tum demum omnino evehitur, quum gyrus sit interruptus. Qui agendi modus omne prosternit dubium; facile autem te fallit, nisi cavebis, quum librae momentum rotationis magnetismi effectui accedat.

Postea idem experimentum hac via repetivimus. Statera ita instituta, ut

---

\*) Ann. Pogg. LXXII, p. 343. „Ueber das Verhältniss zwischen Magnetismus und Diamagnetismus.“ 25. Juli, 1847.

Ibid. LXXIII, p. 613. „Ueber ein einfaches Mittel den Diamagnetismus schwingender Körper zu verstärken. Diamagnetische Polarität.“ 21. Februar, 1848.

in altius posset tolli, eodem in vitro bismuthum posuimus et, aequilibrio reparato, post magnetismum excitatum, nunc maxime distincte vidimus adtractionem, nunc repulsionem, quoad libra eveheretur aut demitteretur, aut quoad gyros minori aut maiori elementorum numero efflueret. Ita, quod maxime mirum est phaenomenon, corpus e magneticis et diamagneticis substantiis constans, gravitatis vi subductum, certa quadam distantia, a magnete remoto pendente de polis disiunctum libere in aëre suspensus tenetur et hunc aequilibrii situm propulsus oscillationibus repetit.

In experimentis novissime commemoratis iusta distantia vitrum cum bismutho principio adtrahitur, mox repellitur; quae quidem res legem generalem confirmat, quum, ut bene scis, electromagnes, quam totam potest, energiam non temporis momento impetret.

Inter armaturas longius invicem remotas cylindrus longior oscillans, eidem obediens legi, situm petit obliquum, quippe qui aequatorialis polis longius remotus, axialis vero sit proprius. Itaque obliqui situs aequilibrium (quod primum haud raro hisce in experimentis mentem nostram turbavit) corpus indicat ex elementis partim magneticis, partim diamagneticis mixtum.

Comprobata est denique lex illa eo quod globi e bismutho tornati, solutioni sulfatis ferri immersi diamagnetismus, huius salis magnetismo IV elementis elicitio magis augebatur quam VIII, cuius quidem rei causa haec putanda est, quod solutioni et diamagnetica aqua et magneticus sulfas ferricus inerat, illiusque diamagnetismus rapidius accrescebat quam huius magnetismus.

Iam vero satis nobis protulisse videmur ad confirmandam legem supra expositam et explicatam, quae est maximi momenti in disciplina magnetismum tractante. Etenim si magnetismus et diamagnetismus nihil essent nisi diversarum distantiarum functiones de magnetis energia nequaquam dependentes, non eidem vi primariae adscribere possemus. Sed quae nunc rerum est ratio, supponi licet, utrumque eodem de fonte ducere originem, eandem sequi legem qua intensitas cum distantia est coniuncta, atque, ut ita dicamus, vi diamagneticae maiorem resistantiam, maius obstaculum obici quam magneticae.

Quae sentiendi ratio eo etiam veri est similior, quod cl. Reich eodem adparatu, quo telluris densitatem mensus est, polaritatem existere diamagneticam demonstravit; idem cl. Poggendorff postea et simpliciori quidem modo est consequutus. Nosmet ipsi hucusque eandem rem non nisi via indirecta reperimus, quippe qui bacillum ferreum in situ aequatoriali inter armaturas lamellis cupreis vestitas poneremus et vim, qua acus bismuthea inter

polos super illum oscillans dirigeretur; sextuplicem esse factam observemus. \*)

Itaque quemadmodum magnetis polus in fine propiori bacilli ferrei polum excitat amicum, idem contrario modo in fine propiori bacilli bismuthei inimicum provocat, aut, quod eodem tendit, gyri, quos Ampère in ferro magnetis polo excitatos supposuit, directione fluunt opposita ei quam in bismutho persequuntur.

## V.

### De magnetismi et diamagnetismi variorum corporum metiendi methodo.

Postquam patuit, cuncta corpora et solida et liquida magnete aut adtrahi aut repelli, expetenda mihi visa est methodus, qua adtractionis et repulsionis quantitates substantiarum variarum inter se comparare et metiri valeremus, ut quemadmodum de pondere specifico aut calore cuiusdam corporis ita et de magnetismo et diamagnetismo specifico loqui liceret, et sic nova in res physicas notio introduceretur. Qualem methodum invenimus hisce cogitationibus theoricis, experimentis si opus erat confirmatis, conducti. Intensitas vis, qua magnes substantiam adtrahit aut repellit in uno eodemque volumine aequaliter distributam (e. gr. in horologii vitro lamella vitrea polita oblecto) atque uno semper eodemque modo ad magnetis polos sitam, proportionalis est huius substantiae massae ideoque etiam ponderi. Unde magnetismum aut diamagnetismum substantiarum variarum, quarum, in uno eodemque volumine distributarum, adtractiones aut repulsionem uno in magnete definiantur, eandem habere rationem sequitur ac fractionem, quarum nominatores intensitates adtractionis aut repulsionis, denominatores autem pondera repraesentant. \*\*)

\*) Vide comm. novissime citatam.

\*\*) Postea cl. Delesse quattuor Academiae francogallicae obtulit dissertationes de intensitate magnetismi variorum corporum (Comptes rendus XXVII, XXVIII), in quibus hoc aliud principium posuit „Si l'on présente l'extrémité inférieure d'un barreau aimanté à des substances réduites en poudre d'égale grosseur les poids de ces substances, qui resteront adhérentes . . . représenteront ce qu'on peut appeler le pouvoir magnétique de ces substances (XLVIII p. 35).“ Quod minus nobis videtur exactum.

Magnetismum ferri = 100000 ponere solemus; tum, ut dicta exemplis illustremus, lapidis magnetici = 40227 atque ferri oxydati, quod *Eisenglanz* vocatur, = 533 sumendum est.

Neque minus denique intensitatem ipsarum atomorum magnetismi definire possumus, massarum videlicet in locum atomorum numerum substituentes. Ferrei atomi magnetismum = 100000 ponentibus nobis, observationes pro lapide magnetico numerum 166656 atque pro ferro oxydato 1522 dedere. \*)

Restat, ut de singulis rebus mentionem faciamus in magnetismo specifico determinando considerandis. Quam subtilissimi pulveris ferrei partem unam adiecimus XXV partibus adipis suilli et in massam commiscuimus aequalem, quā horologii vitrum cautissime complevimus. E totius massae inclusae pondere calculare poteramus, quantum ferri vitro contineretur (designetur haec quantitas littera P). Vitrum impletum quo modo, iam supra explicavimus staterae brachio suspensum est ita, ut in aequilibrio esset utque medias partes armaturarum semicirculares unico puncto tangeret. Horologii vitro armaturis magnetica vi imbutis adtracto, alteri lanci leve vasculum (papyraceum e. gr.) imposuimus eique arcto ex orificio pulverem subtilem infudimus, donec vitrum armaturas relinqueret. Pondus vasculi una cum pulveris (M) adtractionem metiebatur definiendam, ideoque numerus M:P magnetismum substantiae, quae erat magnetis adhibiti intensitas, repraesentabat. Paulo post et quam celerrime fieri poterat neque amplius quam magnetis intensitas una eademque manebat \*\*), easdem repetivimus ponderationes, postquam in adipis locum substantias examinandas substituimus, liquidas quidem directe vitro infusas, solidas in quam subtilissimum pulverem contritas aut integras, si minus magneticae erant, aut, si plus, certis rationibus cum adipe commistas. Qui agendi modus pro unaquaque substantia quotum  $m:p$  praestat, praecedenti M:P correspondentem, e quibus prodit quotus novus  $\frac{m}{p} ; \frac{M}{P}$  de intensitate magnetis non pendens. Loco novissime citato numeros magnetismi specifici variorum corporum in tabulam composuimus.

\*) Ann. Pogg. LXXIV. „Ueber Intensitätsbestimmung der magnetischen und diamagnetischen Kräfte.“ 1. Juli, 1848.

\*\*) Quod ut cognosceremus sequuti sumus methodum novam a cl. vom Kolke expositum in dissertatione „de nova magnetismi intensitatem metiendi methodo.“ Bonnae, MDCCCXLVIII. “

Ad intensitates diamagnetismi variarum substantiarum, aut liquidarum aut in pulverem pistarum, inter se comparandas, vitrum illis impletum, magnetismo iam provocato, in aequilibrium redigere soliti sumus. Gyro interrupto, pondus quo opus erat ad detrahendum vitrum, integra gravitatis vi polis adpressum, modo supra relato determinavimus; quod pondus quantitatem metiebatur diamagneticæ repulsionis. Quum apud hæc corpora, tum apud non ita magnetica ipsius vitri adtractio aut repulsio haud negligenda est.

Etiam variorum corporum diamagnetismi specifici numeros tabulæ inseruimus, quam etiam magis extendissemus, nisi de substantiarum puritate dubitassetus. Aliquot exempla uti proferamus, invenimus esse diamagnetismum

aquæ	100	1
phosphoris	100	
acidi sulfocarbonici	102	
acidi muratici	102	
aetheris sulfurici	127	$\frac{5}{4}$
olei terebynthini	123	
florum sulfuris	71	$\frac{3}{4}$
natri muratici	79	
acidi nitrici	48	$\frac{1}{2}$
bismuthi nitrici basici	35	$\frac{1}{3}$
acidi sulfurici	34	
hydrargyri	23	$\frac{1}{4}$

Num illorum numerorum rationes simplices margine adnotatae casu, an certa e causa prodierint, integrum relinquimus.

Ponderationibus postea instituendis discernere nobis propositum est, num, quod quidem statuimus, magnetismus et diamagnetismus specificus pro qualibet magnetis intensitate idem maneat, ita ut, si corporum pure magnetico-  
rum alterum post alterum in vitro positum e. gr. duplici vi adtrahatur, hæc ratio, gyro maiori aut minori vi adhibito, minime mutetur. Attamen, quomodo-  
cunque res se habet, quæ paragrapho præcedente retulimus, perspicuum fa-  
ciunt, relationem diamagnetismi et magnetismi duorum corporum, e. gr. bismuthi  
et ferri, de magnetis intensitate pendere, unde illos ipsos alterum alterius functio-  
nes esse, tibi elucebit, neque minus clare intelliges, has ipsas functiones gra-  
phice repræsentari et hoc modo in formam redigi posse mathematicam.

Principium, quo considerationes nobis factae nituntur, modificare oportet, si substantiarum magnetismus valde est magnus et si illae ipsae integrae (non contritae aut dilutae) examini subiiciuntur. En exemplum; in vitro deinceps posita sunt primum ferri massa ita formata ut vitri cavitatem accurate ubique tangeret, tum scobes ferreae, denique mixtura supra iam dicta ferrei pulveris et adipis, et pro singulis casibus unius grammatis ferri adtractionem aequam reperimus grammatibus respective

27,00    30,32    33,28.

Tota igitur adtractio magnetismo specifico correspondens (33,28) eo est debilitata, quod ipsum vitrum una cum corpore contento magnetem constituēbat, cuius polus borealis supra australem magnetis, australis supra borealem erat positus. Atque vice versa adtractio tota augebitur, si vitrum unico solum polo imposueris. Neque te fuget, hocce modo magnetismum specificum lucem adferre cognitioni nostrae de magnetum statu interiori.

Etiam quum substantia liquida polis sit imposita, cuius magnetismi distributionem cognoscere cupis, libra uti tibi licet; corpus liquido immersum illa est suspendendum.

## VI.

### De nexu qui est inter calorem et magnetismum aut diamagnetismum.

Usque ad novissimum tempus, calor magnetismum omnino delere creditus est; at cl. Faraday, etiam ferrum candescens, quamquam minus, magneticum esse, docuit, veri autem simile censuit, nihilominus calore crescente magnetismum abire in diamagnetismum. Hae erant res, quum susciperemus, non solum problemata illa solvere, sed etiam, praecedente paragrapho descriptis methodis adhibendis, quantus esset magnetismus et diamagnetismus variarum substantiarum variis in temperaturis, definire et metiri. Post experimenta primo minus perfecte composita, hanc denique viam sequuti sumus.

Patellae porcellanae, horologii vitri loco librae adplicatae, substantiam examinandam imposuimus, aut per se liquidam aut in pulverem contritam, atque mediam in eam globulum introduximus thermometri, cuius scala usque ad 350 gradus centesimales indicabat. Patella in aequilibrium redacta, flamma admota, quam maxime licebat, calefaciebatur atque, gyro clauso manente,

substantia gradatim frigescente quam frequentissimas ponderationes fecimus, ut aut adtractionem magneticam aut repulsionem diamagneticam definiremus; simul unaquaque in ponderatione temperaturam observavimus. Corpora nimis magnetica, aut lamellaria facta et medio foramine ad immittendum thermometri globulum instructa, aut in pulverem contrita et duobus micae foliolis inclusa, media in arena patellam implente collocavimus.

Huiuscemodi pro nicelo lineam curvam invenimus, qui typus omnium corporum magneticorum nobis videtur. Quae linea, cuius abscissae temperaturis correspondent et ordinatae magnetismi specifici quantitates repraesentant, inde a  $0^{\circ}$  magis magisque abscissarum axi accedens, ad  $300^{\circ}$  gradum, ubi lapsus maxime proclivis, puncto inflectionis praedita est, indeque axem nullibi secans, ut asymptotam, comitatur. In suspensio relinquimus, utrum curvae pars superior retrorsum prolongata asymptotam habeat, an sit natura parabolica. Etiam ferro et ferro oxydato correspondentes dedimus curvas, quarum puncta inflectionis in temperaturas superiores incidere videntur; insuper eandem curvam pro mangano oxydato-oxydulato ( $\text{MnO} + \text{Mn}_2\text{O}_3$ ) delineatam communicavimus.

Quod ad corpora spectat diamagnetica, pro bismutho curvam reperimus, quae ad  $250^{\circ}$  gradum i. e. ad eam temperaturam, qua illud metallum liquefieri incipit, puncto instructa est inflectionis, unde subito ad axem abscissarum descendit eumque sequitur. (Bismuthum circum thermometri globulum, primo liquescens, inter ponderationes factum est solidum. Thermometri globulo circumdata erat capsella e cupro confecta, quae illum tueretur et cui quaedam hydrargyri guttae erant infusae).

Fortasse putas, diamagnetismum eo rapidius decrescere, quod status partium minimarum aggregationis fiat alter; attamen sulfuris repulsio diamagnetica, quae erat 0,240 grammatis, non mutabatur parte 0,005 grammatis inter temperaturam ordinariam et quae erat longe superior quam, qua liquefieri solet. Hydrargyrum purum inter  $0^{\circ}$  et  $300^{\circ}$  gradum nullam ostendit variationem. Quis scit, annon nihilo secius hisce substantiis curvae correspondeant, nonnisi altissima temperatura aut infima a linea recta diversae? \*)

---

\*) Ann. Pogg. V. LXXV. „Ueber das Gesetz, nach welchem der Diamagnetismus und Magnetismus von der Temperatur abhängig ist.“ 25. Juli, 1848.



## VII.

### De relatione quae est inter magnetismum et diamagnetismum corporum atque eorundem compositionem chemicam.

Doctrina magnetismi specifici, cuius fundamenta in paragrapho V. iecimus, novam praebet methodum cognoscendi, utrum corpus e pluribus constans elementis compositio sit chemica, an nihil nisi agglomeratio mechanica. Quod quidem si evenit, corporis magnetismus apparet, qualis et quantus e summa magnetismi intensitatum singulorum elementorum prodit, in qua formanda ne diamagnetismum ut magnetismum negativum calculo introducere negligas. Longe alius vera res se habet, si compositionem respicis vere chemicam, in qua minime in universum licet concludere de statu partium magnetismi in eundem totius corporis.

Plurimas observationes magni momenti e ponderationibus a nobis factis deduximus, quae illis rebus lucem admovent, quarumque nonnullas sequentibus tecum communicabimus.

Ferrum eo facto, quod ipsi oxygenium ad oxydum formandum accessit, magnetismum ad fractionem usque omisit. De ferri oxydulati magnetismo hucusque nihil certi constat. Magnes lapis compositio est chemica ferri oxydati et oxydulati ( $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Namque si eiusdem magnetismi quantitatem deducere velles e ferri oxydulati, huic magnetismum adscriberes, necesse esset, longe eum, qui ipsi est ferro, superantem. Omnia ferri oxyda, quae natura procreantur et in officinis chemicis fabricantur, ferrum continent oxydulatum, maximeque veri est simile, agglomerationes esse puri oxydi et compositionis e ferro oxydato et oxydulato constantis. Quae videndi ratio si est vera et recta (neque quidquam, quominus experimento examinetur, impedit) sola ponderatione elementorum pondera tam secure et tam accurate definire poteris, quam chemica analysis non valet. Quodsi corpori insunt  $x$  partes pro centum ferri oxydati et  $y$  ferri oxydati cum oxydulati, ad inveniendas quantitates  $x$  et  $y$  hasce formulas dedimus:

$$x + y = 100$$

$$1,34 \cdot x + 402,27 \cdot y = M,$$

in quibus  $M$  corporis examinandi magnetismum specificum, ponderatione definitum, significat. Si  $y = 0$ , invenies  $M = 134$ , qui est oxydi magne-



tismus, dummodo haematites (*Roth Eisenstein*) a nobis perquisitus, qui inter ferri oxyda minimum dedit magnetismum, nihil sit nisi purum ferrum oxydatum. Determinationes modo dictae, variis conditionibus a nobis factae, primo 134, tum 133, 5 praebuere.

Eaedem illae formulae, si pars una pro centum lapidis magnetici, id est  $\frac{1}{3}$  ferri oxydulati, compositioni inest,  $M = 535$  dant, quem eundem numerum magnetismi specifici invenimus illius haematitis speciei, cui nomen est *Eisen-glänze*. Aegre tantum chemica analysis illud revelare possit; nostra methodo contra non solum  $\frac{1}{3}\%$ , verum etiam  $\frac{1}{100}\%$  ferri oxydulati, imo maxime secure, invenire valemus.

Si ad formandum sal oxydo acidum accedit, oxydi magnetismus, etiamsi acidum est diamagneticum, non debilitatur. Salis magnetismus augetur, si aqua dissolvitur. Sulfatis ferri solidi magnetismus ad dissoluti est ut 78:126. Sallium ferricorum dissolutorum magnetismi quantitatam, quoad acidum nitricum aut sulfuricum aut muriaticum continent, rationes sunt 287:332:516, dum eorundem acidorum diamagnetismi sunt ut 48:34:102. Ferri sulfurici oxydati magnetismus ad oxydulati est ut numeri 133 et 249. Contra vero in salibus haloidibus a nobis examinatis maximum habet magnetismum, cuius basis est oxydum. Si nicelus oxydulatus, ad formandum hydratum, aquam adsumsit, magnetismus auctus est ratione 1:4; quam rem miram vario modo comprobavimus.

Sesquiferrocyanas kalicus (ruber) magneticus est, ferrocyanas (fulvus) vero diamagneticus, etsi circa 12% ferri continet; quae quum ita sint, quod sanguis diamagneticus est, non mirabere. \*)

## VIII.

### De nova magnetismi actione, quae ad relationem eius et luminis pertinet.

Iam ad novam nos convertamus phaenomenorum seriem longe dignissimorum, quae memorentur; exponamus illa, alterum alteri, quo ordine detecta sunt, adserentes. Rara illa res, quod fragmenta corporum organis instructorum nunc quasi magnetica, nunc uti diamagnetica dirigerentur, antequam expositionem

\*) Vide comment. §. V: citatam.

paragrapho IV. datam reperimus, nos commovit ad pervestigandum, num directio fibrarum corporum organicorum alicuius esset momenti; tum analogiam sequentes problema nobis proposuimus, num in crystallis structura, partium minimarum iuxtapositio, de qua axium opticorum situm dependere haud ignoras, esset spectanda. Primam lamellam e turmalino esectam, qualis ad lumen polarisandum adhiberi solet, cuiusque lateri longiori axis opticus erat parallelus, fausta fortuna elegimus. Lamellam ob ferrum contentum maxime esse magneticam, ex eo patebat, quod polo de longiori adtraheretur. Inter armaturas, conicis acuminibus instructas, filo bombyceo suspensa est triplici modo; primo scilicet ut longius, tum ut minus latus esset verticale, denique ut horizontaliter oscillandi ei daretur potestas. Primo modo suspensa ut corpus directa est magneticum, duobus alteris contra modis, quae res mira te non fugiet, ut diamagneticum, hoc est, ut directio longior situm peteret et obtineret aequatorialem. Unde rem non aliter hisce duobus in casibus se habuisse intelliges, ac si turmalini axis opticus repelleretur; quod primo casu eam ob causam fieri non potuit, quod ille rotationis axi parallelus erat, ideoque circa hunc omnia symmetrice erant disposita; atque, quod minimum negligendum est, illa repulsio ob lamellae formam tum demum apparere potuit, quum vim magneticam, quae lamellam contrarium in situm compellere tendebat, superare valuisset. Substituimus inde illi lamellae alia turmalini prismata, variis locis collecta, et pellucida et opaca; omnia, limpidis et non coloratis exceptis, magnetica erant ideoque, inter polos suspensa, directa sunt, ut prismatum axes, quorum erat dimensio longe maxima, cum linea conciderent polos coniungente. Polis autem altero ab altero remotis, aut, quod eodem, crystallis filo curtato in altum erectis, continuo 90 gradibus detorta atque materiae magnetismo superato ut corpora diamagnetica directa sunt, donec axes optici in lineam axialem essent perpendiculares. Crystalli limpidi hunc eundem locum semper tenuere. Quum turmalini, si calefiunt, electricam ostendant polaritatem, crederes fortasse, hanc aliquanti illis in phaenomenis fuisse momenti. Quod ut dirimeremus, fecimus, ut crystallus in aqua oscillaret; quumque hoc in casu eodem modo sese haberet ac supra indicavimus, illam coniecturam non esse veram concludas necesse est.

Unde igitur nobis persuasum est, phaenomena a nobis observata omnino esse nova; qua re commoti complures alios crystallos perquisivimus et primum quidem spathum calcarium, ut crystallum, cuius massa esset diamagnetica, haberemus. Lamellam adhibuimus, cuius superficies axi optico erant perpendiculares, quaeque, lumine polarisato adhibito, notissimas illas curvas isochroma-

ticas ostendebat. Lamellae axis ob massae diamagnetismum, polis propinquis, situm petivit axialem, polis vero remotis aequatorialem, quasi magnetica esset facta. Rhomboëdram spathi calcarii, quale natura produxit, nunquam non ita directum est, ut axis opticus, forma optime indicatus, planum peteret lineae polos coniungenti perpendiculare, cui nomen dedimus aequatoriali. Attamen si axis fortuito perpendicularis erat, corpus directum est ut diamagneticum. Eadem ac illi duocristalli phenomena exhibent beryllus, diophasus, vesuvianus, qui omnes sunt magnetici et, quod omittere nolis, una cum turmalino et spatho calcario negativam ostendunt refractionem duplicem. Unde hasce deducimus leges:]

Crystallus disdiaclasticus uniaxis et negativus, inter magnetis polos suspensus, dirigitur, quasi axis opticus utroque eorum repelleretur. Vis, quae illud efficit, si polos removes, tardius debilitatur, quam qua massa aut attrahitur aut repellitur.

Hinc coniiciendum erat, etiam crystallos biaxes proprio modo magnete affici; perquirendum autem erat, utrum ipsi axes, an sola linea media, id est eorum angulum acutum bipartiens, illa vi sollicitarentur. Quod ut in planum provehere, foliolum micae horizontale suspendimus, ita igitur, ut lineae mediae directio cum fili bombycei concideret. Folium ita directum est, ut amborum axium planum aequatoriale fieret, id est quasi uterque axis repelleretur. Quam rem eo comprobavimus, ut, lumine polarisato adhibito, annulorum systemata viderentur. At mica negativus est crystallus; atque ut mica plurimi alii crystalli, quorum refractioni duplici eadem est natura, se habuere, unde concludimus:

Axes crystallosum biaxium et negativorum polis aequa vi repelluntur.

Situ observato, quem quazius et topazius inter polos interdum minus distincte et incerte ob corpora aliena illis adhaerentia (nihil opus est ad magnetismum in quazio provocandum, quam ut lima collinas aut chalybe percutias) incautius illas leges omnes in crystallos extendimus, et positivos et negativos. Quae invenissemus prima commentatione communicavimus.\*).

Huiusmodi res se habuere, quum cl. Faraday alia phaenomena illis non ita aliena detegeret et duabus commentationibus societati regiae britannicae oblati descripsit. Ingeniosus ille vir compluribus in crystalis lineam plano prin-

\*) Ann. Pogg. LXXII. „Ueber die Abstossung der optischen Axen der Krystalle durch die Pole des Magneten.“ 25. Juli, 1847.

cipalis fissilitatis perpendicularem (magneocrystallicam ab illo nominatam) polis magnetis non solum non repelli verum attrahi reperit; tum adtractionem illam quemadmodum nos in repulsione axium opticorum invenimus, dirigere solum neque centrum gravitatis demovere; denique vim dirigentem esse nullam, si axis magneocrystallicus esset verticalis. Quae quum auctor nobiscum communicasset, qui fieri potuisset, quin nobis in mentem veniret axes opticos esse, qui in illis corporibus non repellerentur sed adtraherentur? Quod quidem illico publicavimus<sup>\*)</sup>. Primo phaenomena tam similia erant a nobis observatis, tum omnibus in crystallis uniaxibus axis magneocrystallicus cum crystallographico principali concidit; accedit, quod tot corporum ad systema tesserale pertinentium nullus, etsi fissilis, illud demonstret. Nostrae autem sentiendi rationi obviam erant cum quarzio et topazio a nobis facta experimenta atque, quod nihil apparuit, si directio magneocrystallica esset perpendicularis. In corporum numero, quae phaenomenon, de quo agitur, maxime distincte exhibent, cl. Faraday memorat bismuthum, stibium, arsenium, sulfates nicelicum et ferricum. Metallorum illorum crystalli rhomboëdrorum habent formam ideoque ut uniaxia censeriqueunt. Quibus in examinandis bismuthum et arsenium a cl. Faraday detectum phaenomenon valde clare monstrare reperimus. Prisma e bismutho crystallisato, e sectum, cuius axis longitudinalis illius plano fissilitatis erat perpendicularis, vehementer contra massae diamagnetismum axialiter directum est, quasi magneticum esset corpus. Arsenium magneticum erat; eiusdem metalli lamella tenuis, cuius superficies simul fissilitatis parallelae erant, aequatorialem situm petebat, ut substantia diamagnetica. Stibium autem a nobis perquisitum phaenomenon ostendit omnino contrarium a cl. Faraday descripto. Subtilis antimoni lamella eodem ac arsenii modo confecta, quamquam diamagnetica, ut substantia dirigebatur magnetica: fissilitatis scilicet planum axiale est factum. Quid igitur impedivit, quominus stibium ut exemplum legi a nobis prolatae subsumendum vindicaremur; quidque fuit, quod non contrariam in partem axes opticos bismuthi et arsenii et in universum omnium positivorum crystallorum adtrahi poneremus? Quam rem etiam sulfatis nicelici rationes comprobare videntur; sed huius substantiae crystallos idoneos adipisci nequivimus. Sola experimenta de sulfate ferrico facta nostrae sententiae contradixerunt. Hisce de

<sup>\*)</sup> Ann. Pogg. LXXVI. „Ueber die neue Wirkung des Magneten auf einige Krystalle, die eine vorherrschende Spaltungs-Fläche besitzen. Einfluss des Magnetismus auf Krystallbildung.“ 27. März, 1849.

phaenomenis aliquantulo temporis iis, quae paragrapho XI. descripsimus, detracti sumus, donec, ut systematicum agendi ordinem sequeremur, ad ea redi-  
vimus.

Hucusque inprimis elegeramus e numero crystallorum biaxium, quorum formae crystallinae prismata sunt rhombica recta. Axes opticos continens planum duobus trium axium crystallographicorum (prismatis axis longitudinalis et diagonalium baseos) definiri, et lineam mediam cum uno aut altero illorum congruere, haud ignoras. Qualis crystallus, ita suspensus, ut unus crystallographicorum axium sit verticalis, nova magnetismi actione semper dirigitur, ut reliquorum axium alter aequatorialem, alter axialem petat situm. Neque tamen haec rerum est ratio in prisma rhombico obliquo, cuius axi linea media plerumque neque perpendicularis neque parallelus est. Iam theoricæ considerationes nobis persuasere fore, ut, si talis prismatis horizontalis suspensi utrumque axem poli aequè repellant, linea media semper in planum aequatorialem se converteret. Quare conducti hancce proposuimus formulam:

$$\text{tang } \phi = \cos \psi \text{ tang } \lambda,$$

in qua  $\lambda$  angulum repraesentat constantem prismatis axe et linea media inclusum,  $\phi$  angulum eodem illo et linea aequatoriali horizontalique formatum,  $\psi$  angulum, quo crystallus circum axem suum est tortus, quem angulum  $\psi$  ita numerabis, ut ab altero crystalli situ exeas, quo linea media est horizontalis, atque inde ad  $360^\circ$  progrediare. Formula docet necesse esse, crystallus, si eandem in directionem circum axem suum torqueri pergat, iterum atque iterum novum capiat situm; certa quadam positione, angulo  $\psi = 90^\circ$  correspondente, crystallum aequatorialem dirigi eumque, quaecunque fuerit positio primaria, angulo  $180^\circ$  tortum, alterutra lineae aequatorialis parte cum illa angulos includere aequales, valorem denique maximum anguli  $\phi$  aequalem esse  $\lambda$ .

Primum crystallum cyanitis elegimus, sed, quod expectaveramus, non evenit, imo res se habuit quasi situi axiali aequatorialem substituissem, id est quasi linea media adtraheretur, non repelleretur: at cyanites est crystallus positivus. Cyanitem sequutus est augites. Dioposidum autem, qui natura est negativa, cuique forma erat, quae axium opticorum situm luminis polarisati ope cognosci permetteret, formulae legi obedivit. Quis igitur in dubium vocare potuit, lineam, quoad crystallus esset positivus aut negativus, polis respective adtrahi aut repelli? Nihilosecius contradictiones restabant solvendae, prosternendae, inprimis in quarzio obviam factae. Qua re commoti non lamellam amplius adhibuimus quarzii crystallo sectam, quam situm aequatorialem relicturam et axialem captu-

ram antea expectaveramus, verum prisma originariis faciebus limitatum, quod, ob diamagnetismum suum, primo aequatorialiter dirigebatur, filo vero involuto, nunc vidimus re vera in situm abire axialem. Quod uti tibi eveniat, ne prismatis longitudinem duplicem facias latitudinis, caveas. Item alios perquisivimus crystallos, inter quos imprimis scapolithus (ad Pargasum reperta) et troostites phaenomena illa maxime distincte ostendebant, ante omnes vero oxydum stanni (Zinnstein). Itaque quam legem primo protulimus, angustior est, eique substituenda est haec.

Uterque magnetis polus axem opticum crystalli cuiusdam uniaxis aut adtrahit aut repellit, quoad est aut positivus aut negativus.

Examinavimus inde accuratius crystallos positivos biaxes, prima quidem topazii prismata horizontalia, quae etiamsi diamagnetica, polis remotis axialem petebant situm. Quibus in crystallis linea media cum axe prismatis concidebat. Lamella gypsi in monte Montmartre inventi, horizontalis suspensa, ita directa est, ut quum postea perquisita esset, linea axialis cum linea media concidisse pateret. Ambo haec experimenta lineam mediam adtrahi demonstrant. Quodsi lamella modo dicta ita suspensa est, ut linea media sit perpendicularis, planum axes opticos continens axialem petit situm. Simili modo si illa topazii prismata verticalia suspenderis, ita dirigentur, ut planum axium, quod diagonalem minorem continet, fiat axiale; quod idem aliis in crystallis evenit positivis.

Sed iam locus nobis esse videtur de sulfate ferrico, summa cura nobis examinato, loquendi. Primum nobis in mentem venit perquirere, annon phaenomena a cl. Faraday descripta et ab eo in lineam planis fissilitatis perpendicularem relata, potius ad lineam mediam reducenda essent, quae quidem cum illo angulum circa  $15^\circ$  format. Quare commoti crystallo pulcherrimo esecimus fragmentum planis fissilitatis limitatum. Planum axium opticorum iam antea luminis polarisati ope definiveramus, sicut et lineam, qua hoc planum sibi perpendiculare fissilitatis secat. Si crystallus quomodo vis suspensus erat, hoc tantum observato, ut illae superficies verticales oscillarent, semper actio apparuit maxime distincta; linea vero lamellae superficiebus perpendicularis tum modo accurate axialis dirigebatur, quum linea notata esset verticalis, ideoque linea media circa axem oscillaret verticalem. Sin autem illa linea erat horizontalis, perpendiculum, in planum fissilitatis demissum, declinatum erat circa  $15^\circ$  unam aut alteram partem versus. Atque omnino res se habuit, ut formula supra relata praescribit, angulo  $\lambda$  valore  $15^\circ$  adscripto et angulo  $\varphi$  a situ axiali numerato.

Experimentis modo descriptis hanc deduximus legem universalem:

In crystallis biaxibus linea media aut adtrahitur aut repellitur, quam actionem in universum explicare poteris, si utrumque axem opticum aequa vi in cristallis positivis adtrahi, in negativis repelli pones.

Quae propositio discutienda subtilissima nobis videtur fere omnium in rebus physicis obviam factarum, atque multum adhuc abest, ut omnes difficultates victae, complanatae sint.

Potesne enim vim tibi fingere quae, e polis magnetis emanans, longius turmalini prisma ita dirigat, ut fines prismatis eosdem polos fugant, qui massam eorum adtrahant. Quam rem paradoxam neque cl. Faraday nec nosmet ipsi, quamcunque pervestigandi viam sequuti, explicare valuimus. Novissime modo e magno sulfatis ferrici cristallo cubum esecimus, cuius acies 11<sup>mm</sup> longae erant cuiusque superficierum par unum plano fissilitatis parallelum, altera eidem erant perpendicularia. Quaecunque autem superficies armaturis, invicem adpropinquatis, imponebantur, nihil omnino discriminis reperimus inter variarum attractionum quantitates; haecce fere erant 5,4 grammatum.

Neque re vera esse, cur crystalli biaxes negativi opponantur positivis, optime scis; indicat enim illa distributio nil nisi, quod minimus aetheris elasticitatis axis, qua de re Fresnel mire et pellucide disseruit, quoad crystallus sit positivus aut negativus, acutos aut obtusos axibus opticis inclusos angulos bipartitur. Crystallus igitur, in quo axes optici alter alteri sunt perpendiculares, qualis est sulfas ferricus, neque positivus nec negativus ullo iure dici potest; in limitibus potius stat inter positivos et negativos; in eo lineae, quae angulos axium opticorum bipartuntur, geometricè distingui nequeunt. Sed etiam nunc altera maximae altera minimae correspondet elasticitati. Evenit hoc si, axibus maximae, mediae, minimae aetheris elasticitatis litteris c, b, a designatis

$$2b^2 = a^2 + c^2.$$

Tali crystallo ita suspenso, ut axes horizontales oscillarent, duo tantum observati sunt situs oppositi aequae stabilis aequilibrii, attamen necessarie quattuor extitissent, si ex attractione aut repulsione axium opticorum illas positiones deducere velles. Sulfas igitur ferricus et unicus quidem est inter omnes nobis examinatos crystallos, qui legi novissime prolatae non obedit.

Reiecta aliquamdiu hypothesi a nobis de actione magnetis in axes opticos posita (namque si invenire velis, ne anxius interpretationem iam a te inventa explicantem retineas, vide) nobis problema proposuimus annon, pro illa hypo-



thesi, phaenomena explicari possent e sola aetheris in crystallis distributione à Fresnel exposita. Etenim illa linea media in crystallis positivis, in quibus adtrahitur, minimae, atque in negativis, in quibus repellitur, maximae elasticitatis est axis. Corpus fingamus inter polos ita suspensum, ut circum gravitatis centrum ei libere rotandi data sit facultas, atque circum idem centrum notam illam ellipsoïdicam superficiem descriptam, cuius radii vectores elasticitatum quadratis, sunt aequi. Nonne, fortasse quaeris, tale corpus ita dirigitur, ut minimus ellipsoïdis axis cum linea concidat polos coniungente? Nonne, si circum verticalem tantum axem torqueri potest, eum situm petit, quo elasticitatis minoris directiones ante ceteras polis adversae sunt? Quae si ita essent, omnia, quae supra retulimus phaenomena in crystallis exhibita, et positivis et negativis, ita suspensis, ut circum lineam rotare possint, axium opticorum plano perpendiculararem; explicarentur, neque exciperentur in sulfate ferrico observata. Ponit porro posset, directiones, quibus elasticitas sit, certam quantitatem superans, repelli, quibusque minor sit elasticitas, adtrahi. Attamen ferrum sulfuricum ita suspensum, ut linea media minimae elasticitatis sit verticalis, nullo omnino modo dirigi saepius et accuratissime observavimus; attamen eum, secundum formulam modo datam directum iri, expectes, necesse, quum alteri elasticitatis axes sint inaequales. Alii crystalli omnino hypothese contrario modo se habuere. Itaque haec hypothesis est relinquenda.

Quo modo enim phaenomena explicare vis? Non displiceret nobis ponere, in aethere gyros Ampèreicos inductione, una aut altera directione, circum axes facilius et validiores nasci, aut quod idem, crystallum inductione magneticum factum, polos secundum axium opticorum directionem adipisci: nisi haec nova videndi ratio etiam adtractionem aut repulsionem massae posceret, solo axium situ mutata. Quae actio diversa non observatur. Neve tamen sperare desinamus fore, ut veram horum phaenomenorum expositionem aliquando inveniamus, atque plures adhuc crystallos examinemus, maioriq; cum cura eos perquiramus, qui validius illa actione afficiuntur.

Clarissimus Paraday splendidis a se inventis de plano polarisationis magnete rotato viam munivit ad novas res detegendas; namque illo facto iam constat, aetherem magnete affici et quod sane mirum videtur in iis solis corporibus affici, quae singulari modo nec luminis naturam mutant nec magnete exercentur. Quod spectantes ad subtilem provocamur disquisitionem, qua discernamus, annon quarzium, qui secundum axis directionem luminis mirum illum polarisationis dat statum, proprio et singulari modo etiam magnete afficiatur.



IX.

**De magnetismo adplicando in cognoscendis fossilibus, eorumque structura crystallina et natura optica.**

Notissimum est, quomodo phaenomena fossilibus in lumine polarisato exhibita coniuncta sint cum eorum structura, atque hanc etiam, quum forma externa perierit, illis indicari. Idem magnetismi ope adipisci potes et restrictione quidem ommissa, quod fossilia pellucida esse debent. Et hoc quidem auxilio determinationes structurae facillime fiunt. Quae quum ita sint, introducendum est novum elementum in res mineralogicas. Quod respicientes, ad omnia corpora fossilia denuo examinanda provocamur, neque minus, si paragrapho sequente relata spectamus. Namque absurdum id corpus tantum magneticum dici, intelliges, qui magnete fertur.

Quodsi corpus inter polos, quomodovis suspensum, non ita semper dirigitur, ut magnetica poscit attractio aut diamagnetica repulsio, id est, ut eius dimensio longior aut axialis fiat aut aequatorialis, secure concludere licet, re vera neque amorphum esse, nec ad systema pertinere tesseractale. Si corpori est axis crystallographicus principalis, qui idem est solus opticus, etiam si deformis tantum fragmenti tibi est potestas, illum axem duobus suspensionibus factis definire vales: simili modo, quo corporis centrum gravitatis determinas. Negativo videlicet in corpore intersectionem nota, illius et planorum aequatorialium, quae duabus quibuscumque suspensionibus inveneris; linea, qua illa intersecantur, axis est opticus. Quod quidem facillime efficere poteris in spatho calcario et turmalino. Eidem methodo locus est in crystallis positivis, quorum idoneum exemplum memoramus oxydum stanni; solummodo plano aequatoriali axiale est substituendum.

Si prisma horizontale suspensum circum axem tortum diversa dirigitur energia, quod ex oscillationum numero cognoscere licet, quas, e situ depulsum aequilibrum facit (Sesquiferrocyanas kalicus), aut, si nunc axialis nunc aequatorialis dirigitur (stauroolithus), crystallus neque tetragonali nec hexagonali est adnumerandus systemati. Si prisma circum axem tortum diverse, etiam oblique, tenetur, aut est clinorhombicum aut clinorhomboidicum.

Si alicuius biaxis crystalli fragmentum bis quomodovis suspendebis, exemplo, ut antea axem unicum, nunc accipies lineam mediam; et si, ut haec linea sit verticalis, suspendebis, neque ignorabis, utrum crystallus sit positivus an negativus, amborum axium planum invenies, quod nunc axiale fit, nunc aequatoriale; ideoque, si insuper angulos axibus inclusos noveris, ipsos habebis axes. Ad cognoscendum, autem utrum crystallus sit positivus an negativus, nihil opus est nisi, ut quomodovis suspensum circum lineam torqueas horizontalem; namque prout haec linea, si eandem torquendi directionem conservas, per situm it axialem aut aequatorialem, ille aut positiva aut negativa est natura; atque accedit, quod anguli valor maximus respective axiali aut aequatoriali linea et ea, circum quam torques crystallum, formati, eius est anguli, quem modo dicta linea et axium media complectuntur \*).

Coniicere te putamus, quomodo crystalli geminati, etiam quum alter alterum penetret, se habituri sint. Diopsidi crystalli oppido afficiuntur eamque ob causam maxime idonei sunt hisce experimentis instituendis. Etiam stauroolithus opaca et geminata apta apparebit.

Breviorem gypsi crystallum, aqua contenta caloris vi deſta, structura privavimus crystallina, atque, dum antea ob axes directos magneticus prodibat, nunc ob massam solam exercitam ut diamagneticus observatus est. Examinavimus denique pinitis crystallum, quem vario modo dissecuimus neque tamen unquam axes opticos indicari invenimus; quia causa moti, ni temere nobis videretur, crystallum destructum putaremus et id quidem eo magis, quod micae crystalli, quibus eadem ac illi sunt elementa, tanta vi magnete diriguntur.

Oxydum stanni quod, ut crystallus, tam clare illa phaenomena ostendit, nulla, ut pseudomorphus, exhibuit. Neque omnino in crystallis pseudomorphis quidquam tale licet expectare.

Vitrum subito refrigeratum, quod expectaveramus, propriam suam structuram magnete directum prodidit \*\*).

Neque omnino dubitamus fore, ut axium opticorum transpositionem in gypso, caloris vi effectam, magnes clarissime indicet.

\*) Hic locus est ut agnoscamus, quantopere hisce in disquisitionibus nos adiuverit, cl. Beer, vir peritissimus in rebus quae ad opticeſ crystallographicas pertinent. Conf. ipsius dissertationem „de situ axium opticorum in crystallis biaxibus.“ Bonnae, MDCCCXXXVIII.

\*\*) Poggend. Ann. LXXV. „Ueber das Verhalten des abgekühlten Glases zwischen den Magnetpolen. 10. Juli, 1848.

X.

**De polaritate permanente, crystallis certas in directiones exhibita. De magnetismo terrestri crystallis directis indicato. De reactione crystallorum in magnetem.**

Quum caeruleum cyanitis crystallum inter magnetis polos examinarem, etiam gyro interrupto situm antea occupatum obstinate eum obtinere, observavimus, immo tum etiam, quum longe de polis esset evectus; unde etiam tellurem eum directuram esse coniecimus. Optime quae exspectaveramus comprobata et confirmata sunt, quum eundem crystallum bombycis filo adligatum hamuli ope suspendissemus. Est igitur crystallus vera acus magnetica; atque, quod accedit, cui praescribere potes, quod horizontis punctum indicet; efficere exempli gratia potes, ut polum borealem geographicum spectet, ita ut diceres, declinationem esse nullam: nihil est opus, nisi ut crystallum in hamulo circum axem longitudinalem quanto oportet rotes. Quum polo boreali acus crystallinae, quomodovis horizontaliter suspensae, cylindri magnetici (100<sup>mm</sup> longe, 9<sup>mm</sup> crassi) satis validi, qui terrae superet magnetismum, polum australem ita admoveremus, ut cylindrus semper esset horizontalis, sequuta est illa, ut angulus longiori crystalli et cylindri axibus inclusus, ei esset aequus, quem ille axis crystalli cum linea meridiana magnetica formaverat.

Cyanitis crystallus eo etiam cum acu magnetica congruebat, quod ostendebat polaritatem, habebatque unum tantum aequilibrum situm. Quod novum nobis videtur momentum, cuius in diiudicanda natura novae magneticae actionis ratio sit habenda.

Utrum cyanitis crystallo proprietates illae iam de initio infuissent an valido demum magnete essent datae, discernere non poteramus. Cui admotus ille polaritatem quidem exhibuit sed, inter polorum acumina, invicem adpropinquata, revertit. Alteram vero polaritatem, quam cuius axis cum linea congruit media axium opticorum crystallo impertiri nequis. Alii cyanitis crystalli, quos examinavimus, magnetismo terrestri debiliter modo directi sunt, antequam magneti erant admoti, et polares adparuere. Quorum energia electromagnete est aucta. Nonne, quaerimus, iam de origine eos terra magnetica vi imbuit? Polaritasne eorum formae crystallinae rationibus definitur?

Etiam verticalis suspensum cyanitis crystallum terra direxit.

Eodem modo quo cyanites etiam angites se habuit.

Longe fortius quam crystalli enumerati oxydum stanni Zinnwaldense directum est, qui crystallus est uniaxis et positivus, cuiusque suspensi axem magnetismi terrestris ope secure determinare valebis. Qualis crystalli fragmentum, ea forma praeditum, ut dimensio longior axi optico sit perpendicularis, acum constituit magneticam, cuius fines puncta indicant occidentale et orientale, vel potius acus, qua vulgo utimur, directioni perpendicularem. Crystallus ob ferrum contentum magneticus erat; forsitan fieri possit, ut invenias, cuius massa magnetem non sequatur, neque eo minus magnetismo terrestri dirigatur. Illud oxydum stanni inter polos polaritatem non revertit, nec multo dirigendi vi auctum visum est, postquam magneti est admotum \*).

Simulac inveneramus magnete axes tanta vi dirigi, de reactione dubitare non poteramus. Frustra vero eam ex oscillationibus cognoscere suscepimus, quas parvulae magneticae acus supra bismuthum, spathum calcarium, turmalinum cetera suspensae faciebant; nullum observari poterat discrimen, si fragmenta illorum corporum ita posueramus, ut axium opticorum situs esset mutatus. At quum talem acum (fragmentum acus, qua sui solet) supra oxydi stanni crystalli planum, quod axem continebat, suspendissemus, actio, qua ille acum exercebat, maior erat quam qua tellus: acus crystalli axem sequebatur.

Phaenomena igitur praecedente paragrapho descripta ipsis, quos enumeravimus, inhaerent crystallis, neque omnino nova quadam inductione elicitae adparent, illaque intermissa, disparent \*\*).

## XI.

### De magnetis actione in crystallis formandis.

Relatione detecta, quae est inter magnetismum et corporum structuram, ne momento quidem temporis dubitavimus fore, ut eadem illa vis in crystallos

\*) Alter huius fossilis crystallus (Schlackenwaldense), quem nuperrime perquisivimus, phaenomena illa non ostendebat.

\*\*) Nihil hucusque nosmet ipsi publicavimus de iis, quae in hoc paragrapho, nec in paragraphis praecedentibus, de diversa actione in crystallos positivos et negativos indicavimus. Citandum autem est: On the Magnetic Relations of the Positive and Negative Optic Axes of Crystals. By Prof. Plücker of Bonn in a letter to, and communicated by, Dr. Faraday. 20<sup>th</sup> of Mai 1849. (Philosophical Magazine. June p. 450.)

ageret formandos. Etenim quae vis totum crystallum dirigit, apperta est quae etiam moleculas ita exercet, ut dum illae ad formandum crystallum iuxta ponantur, eum situm, si polos spectas, occupent, qui crystallo respondent iam formato et libere suspenso. Ad quam rem confirmandam longe ante effeceramus, ut salia e solutionibus polis impositis crystallisarent; sed, quae erant conditiones nihil memorabile nobis evenit. Inde quum cl. Faraday docuisset, bismuthum nova illa actione tanta vi inter polos dirigi, ad quas antea perceperamus ideas reversis, melius nobis res cessere. Bismuthum inter fortis magnetis polos refrigerens talem adipiscitur structuram, ut planum fissilitatis principalis perpendiculare fiat in lineam polos coniungentem. Quod ut apertum faceremus, fragmentum carbonis, cui fodinam infoderamus oblongam et rectangularem, deinceps ita inter polos collocavimus, ut longius latus primum esset axiale, tum aequatoriale, denique exacte notatum teneret situm obliquum. Liquefactum inde bismuthum et altiori quam qua liquefit temperatura calefactum illi fodinae infudimus; illud lente refriguit atque solidi facti planum fissilitatis situm tenuit supra notatum. Quod idem ex eo etiam patuit, quod bismuthum inter polos suspensum semper eam habuit aequilibrii positionem, qua erat solidum factum. Operae sane est pretium etiam plura talia experimenta instituere \*).

Nonne fortasse magnetismus terrestris aliquanti erat momenti in formandis terrae visceribus inclusis crystallorum molibus? Namque quo illa vis minori est intensitate, eo lentius illi crystalli refriguerunt et solidi sunt facti.

Scripsimus Bonnæ ineunte mense Iulio a. MDCCCXLIX.

### Tabulae expositio.

- A. Electromagnetis suppositorium e robore fabricatum tribusque pedibus fultum; crassus est 10 centimetra ac diametrum habet 60 centimetrarum. Insertus ei est magnetis nucleus ferreus cylindricus formamque ferri equini referens, cuius quidem arcus in tabula non apparet, brachiorum vero mensae A perpendicularium fines (polos) littera C designavimus. Utrique brachiorum, inde a suppositorio  $46\frac{1}{2}$  centimetra, altorum, 102 millimetra cras-

\*) Vide comm. supra citatam.

orum axibusque 284 millimetris inter se distantium, circumvolutae sunt octo fili cuprei, 4,36 millimetra crassi, straturae unaquaeque e 90 spiris consistentes (B). (Primo utrumque brachium 4 tantum straturis erat instructum. Atque, quae res est sane memorabilis, tum armaturae polis impositae iam e longe maiori distantia altera alteram adtrahebant collidebantque quam nunc, quum spirarum numero adaucto utraque a suo polo fortiori vi retineantur.) Quaternae straturae ex uno eodemque filo sunt formatae, atque 4 florum fines hinc illinc in singulas partes aereas columellarum (D), ligneis interpositis disiunctas, inserti cochlearum vi retinentur. Partes aereae florum ope vario modo ad quem finem consequendum placet coniungi possunt, quae autem infimae sunt cum vasibus sunt adiunctae hydrargyro impletis, quod in liquidum gyrotropi (E) brachia immerguntur. Cuius quidem instrumenti constructione describenda supersedere non dubitamus, quum in vulgatissimo libro „Pouillet-Müller“ sit exposita et figuris illustrata.

F. Mensa quum alteros ad fines, tum ad ferendam Coulombii libram (G) destinata.

H. Armatura conis (a) instructa, quorum in locum partes acutiores et semiconicae (b) cochlearum ope inseri possunt.

I. Armatura maior canale longitudinali (c) excavata, ut adhiberi possit in repetendis experimentis a cl. Faraday de rotatione polarisationis plani factus. Huius armaturae parti semicirculari alterum laterum vasis aërothermometri figura K delineati exactissime potest applicari.

Figuris H, I et K mensuram adiecimus quobus centimetris correspondentem.

Praeter armaturas H et I adhibitae sunt in experimentis hac commentatione memoratis quibus parallelepipedum erat forma, quaeque longae erant 189, latae  $67\frac{1}{2}$ , altae 27 millimetra; tum coni, quorum altitudo 25 millimetra explebat, bases polorum superficiebus erant aequae; inde cylindri, 48 millimetra alti et quo diametro nucleus magnetis instructi, qui cylindri media altitudine canalibus horizontalibus perforati erant, quibusque cylindri tenuiores, 2 centimetra crassi et 13 centimetra longi et altero fine acuminati immitterentur; denique parallelepipedum rectangulare, cuius baseos quadratae latus  $6\frac{3}{4}$ , longitudo  $36\frac{1}{2}$  centimetra explebat, perforatum erat medio canale longitudinali.

Reliquum est ut ad id progrediar, quod scribendi nobis occasionem dedit. Indicimus ea solennia, quibus sacra memoria regis augustissimi divi Friderici Guilelmi III. interprete **FRIDERICO RITSCHL**, professore eloquentiae publico ordinario, pie riteque recolatur. Finita solenni oratione iudicia quinque ordinum de litterarum certaminibus anno praeterito initis enunciabuntur et novae quaestiones proponentur. Huic igitur solennitati ut interesse velint, mandato Rectoris Magnifici Illustrisque Senatus, huius Universitatis **PROFESSORES AMPLISSIMOS, CLARISSIMOS DOCTORES, COMMILITONES ORNATISSIMOS UNA CUM PROCERIBUS ET MAGISTRATIBUS HUIUS CIVITATIS GRAVISSIMIS ET QUOTQUOT NOBIS LITTERISQUE FAVENT OMNIBUS** qua decet observantia invitamus.



